

急傾斜地崩壊危険箇所における対策工効果を考慮した危険度設定に関する研究

山口大学大学院 学生会員 ○森田 真人
西日本技術開発(株) 正会員 円田 竜太

山口大学大学院 正会員 松本幸太郎
山口大学大学院 フェロー会員 古川 浩平

1. はじめに

日本の斜面の多くは急峻で複雑な地形をしており、かつ過酷な自然条件にさらされている。このため毎年各地で土砂災害が非常に多く発生しており、さらに土砂災害危険箇所（以下、危険箇所）の数は年々増加している。このような土砂災害を防ぐ手段としてはコンクリート擁壁といったハード対策が有効である。しかし、ハード対策を行うには膨大な費用と時間がかかり、全ての危険箇所に対して対策を行うことは不可能である。こういった状況を改善するために、各災害の危険度を簡易的に評価可能な「発生得点法」¹⁾が用いられ、ハード対策を行う作業実施優先順位が設定されている。この手法の利点は技術者判断・点数付けといった主観を排除することが可能で、しかも比較的簡易的な算定が行えることである。しかし、この手法では斜面の傾斜・高さといった連続値に対しては、値を直接用いることができず、離散化しなければならないため、その精度において課題を抱えていた。そこで、本研究では先程述べた連続値に関する問題を解決できるサポートベクターマシーン（Support Vector Machine: 以下、SVM）を用いることにより、山口県の急傾斜地崩壊危険箇所において、精度の高い危険度の設定、および順位付けを行うことを試みた。

2. 使用データ

対象地域は、山口県全域の急傾斜地崩壊危険箇所 3,532 箇所（表-1）とし、危険箇所データベースの中から地形・地質・環境要因について調査された 27 要因を分析対象とした。分析の際に必要な災害履歴は山口県災害データ一覧を用いた。

表-1 項目別危険箇所数

	災害履歴有	災害履歴無
対策工有	1,982箇所	37箇所
対策工無	1,330箇所	183箇所
合計	3,312箇所	220箇所

3. SVM の危険度評価と基本概念

SVM とは 1992 年に Vapnik らによって提案された手法で、現在最も強力なパターン分類手法として注目されている。基本的な考え方は 2 クラスの問題を線形分離する手法である。さらに線形分離不可能な場合、ある非線形写像によって、線形分離可能な高次元特徴空間にマッピングを行う。そうすることによって、線形分離可能な状態となり、最適な分離超平面を求めることができる。本研究では、この概念を用い図-1に示しているように分離超平面からの距離 $f(x)$ を危険度として設定することとした。また、対策工が有る危険箇所と無い危険箇所のそれぞれで分離超平面を構築することで潜在的な危険度だけでなく、対策工の効果についても考慮した総合的な危険度で評価することとした。

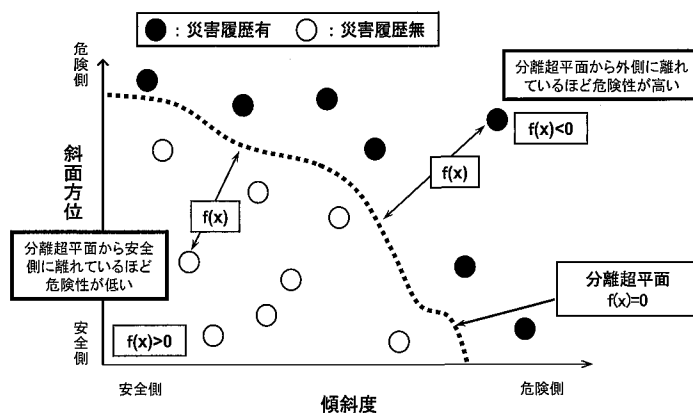


図-1 SVMによる危険度設定の2次元イメージ図

4. パラメーターの決定

SVM では誤判別を許容する程度を示す C 、データの影響度を示す R という 2 つのパラメーターを決定する必要がある。今回の研究では、 C を 10・100・200・300・400・500、 R を 1～8（1 刻み）でそれぞれの的中率を求め、パラメーターを決定した。的中率の算定結果（一部抜粋）を表-2に示す。的中率が 1.000（100%）であり、かつ発生率が安定（安全領域

表-2 各パラメーターでの的中率（一部抜粋）

$C \backslash R$	10	100	200	300	400	500
2	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
3	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
4	0.993	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000
5	0.989	0.999	0.999	1.000	1.000	1.000
6	0.985	0.995	0.999	0.999	0.999	0.999
7	0.983	0.992	0.996	0.998	0.999	0.999

では発生率 0%, 危険領域では発生率 100%) していた, C=300, R=4 を用いた.

5. 順位算定結果

SVM を用い, 潜在危険度を算出し, 対策工効果 (E) を考慮にした順位算定を行った. 結果の危険度上位・下位それぞれ 10 位ずつを表-3 に示す. この結果に注目すると, 危険度上位に災害履歴のあるものが, 危険度下位に災害履歴のないものがしっかりと判別されているのがわかる. また, 表-4 より対策工効果がよく反映されていることもわかる. これらのことより, 高精度な結果が得られたと考えられる.

6. SVM と発生得点法との比較

本研究で用いた SVM と既存報告書²⁾における発生得点法との比較を行った. SVM における総合危険度と発生得点法における危険度を偏差値化し, これらを偏差値の範囲ごとに分けて発生率を求めた結果を図-2, 図-3 に示す. これらの図から, 危険性が特に高いと判別される偏差値 65 以上において, SVM では発生率 100% となり, 発生のみをしっかりと捕らえている. しかし, 発生得点法では発生と非発生が混在しており, 発生率も 20% 程度と SVM より低い. よって, SVM では災害の起こりやすい箇所 (偏差値 65 以上) を的確に捕らえており, 精度の向上が見られた.

7. 結論

SVM を用いることにより, 各要因と災害履歴から潜在危険度および対策工効果を考慮した総合危険度を設定することができた. この結果は従来の手法である発生得点法と比較した場合, 災害履歴の認識精度の点で, 高い精度を有していることがわかり, この方法での災害の発生危険度の認識の高さを示すものであることが認められた. また, 既設対策工の効果も SVM を用いたことで客観的に評価を行うことができた.

8. 今後の課題

今後はこの手法を土石流・地すべりの各危険箇所の危険度設定において用いることにより, ハード対策を行う優先順位を設定するのに有効だと考えられる.

参考文献

- 1) 倉本和正, 守川倫, 鉄賀博己, 荒川雅生, 中山弘隆, 古川浩平: 斜面要因を考慮した斜面毎の非線形がけ崩れ発生限界雨量線の設定方法とその崩壊予測精度, 土木学会論文集, 第 707 号/VI-55, pp.67-81, 2002
- 2) 山口県土木建築部砂防課, 社団法人常盤工業会 (山口大学工学部): 平成 16 年度土砂災害警戒区域調査箇所の優先度設定に関する検討業務委託報告書

表-3 順位算定結果 (上位・下位各 10 箇所抜粋)

順位	箇所番号	潜在危険度 f(x)1	対策工効果 E	総合危険度 F(x)	対策工	災害履歴
1	201 I 0054	-0.9999995		-0.9999995	無	発生
2	211 I 0046	-0.9999994		-0.9999994	無	発生
3	210 I 0026	-0.9999994		-0.9999994	無	発生
4	208 I 0088	-0.9999994		-0.9999994	無	発生
5	206 I 0037	-0.9999994		-0.9999994	無	発生
6	503 I 0024	-0.9999993		-0.9999993	無	発生
7	208 I 0191	-0.9999993		-0.9999993	無	発生
8	483 I 0030	-0.9999993		-0.9999993	無	発生
9	503 I 0015	-0.9999992		-0.9999992	無	発生
10	503 I 0039	-0.9999992		-0.9999992	無	発生
3523	303 I 0030	2.7778496	2.6750210	5.4528705	有	非発生
3524	326 I 0036	2.6385258	2.8426997	5.4812255	有	非発生
3525	328 I 0052	2.5266643	2.9871660	5.5138303	有	非発生
3526	205 I 0155	5.7031403		5.7031403	無	非発生
3527	323 I 0602	1.4189082	4.5939567	6.0128649	有	非発生
3528	508 I 0006	3.0400746	3.0443596	6.0844342	有	非発生
3529	343 I 0089	2.8957676	3.2309875	6.1267551	有	非発生
3530	303 I 0019	3.6502486	2.5776506	6.2278992	有	非発生
3531	208 I 0267	2.4215883	4.8208756	7.2424639	有	非発生
3532	303 I 0029	2.6579200	4.6275963	7.2855163	有	非発生

表-4 対策工効果がみられた上位 10 箇所

順位	箇所番号	潜在危険度 f(x)1	対策工効果 E	総合危険度 F(x)	対策工	対策工実施後の災害履歴
1	201 I 0175	-0.904568	5.390280	4.485712	有	非発生
2	501 I 0005	-1.491874	5.192650	3.700777	有	非発生
3	201 I 0521	-1.229962	5.069041	3.839079	有	非発生
4	208 I 0267	2.421588	4.820876	7.242464	有	非発生
5	201 I 0475	-0.741985	4.656844	3.914859	有	非発生
6	303 I 0029	2.657920	4.627596	7.285516	有	非発生
7	323 I 0602	1.418908	4.593957	6.012865	有	非発生
8	201 I 0265	-1.053790	4.149870	3.096080	有	非発生
9	204 I 0104	0.304498	4.079110	4.383608	有	非発生
10	205 I 0006	-0.088989	4.040211	3.951222	有	非発生

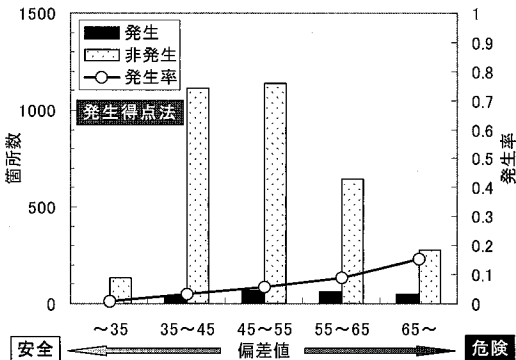


図-2 発生得点法の危険度評価 (偏差値) と災害発生率の関係

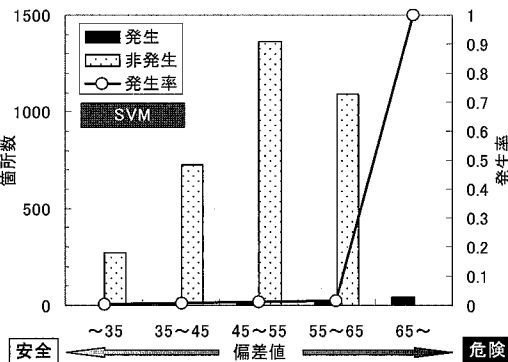


図-3 SVM の危険度評価 (偏差値) と災害発生率の関係